

PAT-NO: JP02003334671A  
DOCUMENT- JP 2003334671 A  
IDENTIFIER:  
TITLE: FRICTION STIR WELDING METHOD, ITS DEVICE, AND  
WELDING MEMBER  
PUBN-DATE: November 25, 2003

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
UCHIDA, YOSHIAKI	N/A
FUJISAWA, YASUNARI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOYOTA MOTOR CORP	N/A

APPL-NO: JP2002146586

APPL-DATE: May 21, 2002

INT-CL (IPC): B23K020/12

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily judge whether the whole of a welding interface is uniformly softened and uniformly welded or not.

SOLUTION: Two sheets of members to be welded 1, 2 are friction stir welded by using a rotary tool 20 having a protrusion part 21 at its tip and rotatable by making the axis core of the protrusion part 21 as the rotation center and a receiving base 30 in which a circumference shaped recessed streak part 33 as a detection means to detect pressure receiving force on a pressure receiving face 31 on which pressing force of the rotary tool 20 acts is provided around the rotation center. The welding quality is judged by comparison of the molding extent of a molding protrusion part in the circumferential direction since the molding protrusion part is molded

on the surface of the member 1 to be welded brought into contact with the pressure receiving face 31 by the circumference shaped recessed streak part 33.

COPYRIGHT: (C) 2004, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-334671

(P2003-334671A)

(43) 公開日 平成15年11月25日 (2003.11.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 20/12

識別記号

3 4 0

F I

B 2 3 K 20/12

データベース (参考)

3 4 0 4 E 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-146586 (P2002-146586)

(22) 出願日 平成14年5月21日 (2002.5.21)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 内田 圭亮

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 藤澤 泰成

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100081776

弁理士 大川 宏

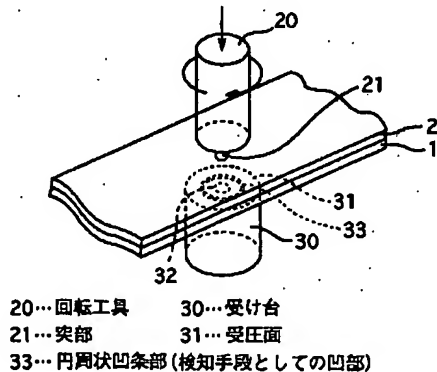
Fターム (参考) 4E067 CA02 CA04

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法及びその装置並びに接合部材

(57) 【要約】

【課題】 接合界面の全体が均一に軟化して均一に接合されているか否かを容易に判断する。

【解決手段】 先端に突部21を有し、突部21の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具20と、回転工具20の押圧力が作用する受圧面31に受圧力を検知するための検知手段としての円周状凹条部33が回転中心周りに設けられた受け台30とを用いて、2枚の被接合部材1、2を摩擦攪拌接合する。受圧面31に当接する被接合部材1の表面に、円周状凹条部33により成形凸部が成形されるので、この成形凸部の成形度合いを周方向で比較することにより、接合の良否を判断する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具と、該回転工具の押圧力が作用する受圧面に受圧力を検知するための検知手段が該回転中心周りの周方向に略均等に配設された受け台とを用い、

複数の被接合部材を重ね合わせて上記受け台上に配設する配設工程と、

上記受け台上に配設された上記被接合部材に上記回転工具を回転させながら押し付けて上記突部を該被接合部材の内部に入り込ませ、該被接合部材の材料を非溶融の状態

で摩擦により攪拌させて該被接合部材同士を接合する接合工程とを順に実施することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項2】 前記検知手段は、前記受圧面に凹設又は凸設された凹部又は凸部であり、前記接合工程では、該受圧面に当接する前記被接合部材の表面に、該凹部又は該凸部により成形凸部又は成形凹部を成形することを特徴とする請求項1記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項3】 前記検知手段は、前記受圧力を検知可能な圧力センサであることを特徴とする請求項1記載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項4】 複数の被接合部材を重ね合わせて配設される受け台と、先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転されながら、該受け台上に載置された該被接合部材に押し付けられる回転工具とを備えた摩擦攪拌接合装置において、

上記受け台には、上記回転工具の押圧力が作用する受圧面に受圧力を検知するための検知手段が上記回転中心周りの周方向に略均等に配設されていることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項5】 前記検知手段は、前記受圧面に凹設又は凸設された凹部又は凸部であることを特徴とする請求項4記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項6】 前記検知手段は、前記受圧力を検知可能な圧力センサであることを特徴とする請求項4記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項7】 先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具と、該回転工具の押圧力が作用する受圧面に凹部又は凸部が該回転中心周りの周方向に略均等に凹設又は凸設された受け台とを用い、該受け台上に重ね合わせて配設された複数の被接合部材の接合点に該回転工具を回転させながら押し付けて該突部を該被接合部材の内部に入り込ませ、該被接合部材の材料を非溶融の状態

で摩擦により攪拌させて該被接合部材同士を接合する摩擦攪拌接合により得られた接合部材であって、上記凹部又は上記凸部により成形された成形凸部又は成形凹部が、上記接合点周りの周方向に略均等に設けられていることを特徴とする接合部材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は摩擦攪拌接合方法及びその装置並びに接合部材に関する。本発明は、例えば、アルミニウム合金製の板材同士を接合する際に好適に利用することができる。

## 【0002】

【従来の技術】従来、板材等の被接合部材同士を重ね合わせた状態で接合する技術の一つとして、摩擦攪拌接合が知られている。

【0003】例えば、特開2001-314963号公報には、先端に突部を有し、この突部の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具と、受け台とを用いた摩擦攪拌接合が開示されている。この摩擦攪拌接合では、複数の被接合部材を重ね合わせて受け台上に配設した後、この受け台上に配設された被接合部材に上記回転工具を回転させながら押し付けて上記突部を被接合部材の内部に入り込ませ、被接合部材の材料を非溶融の状態

## 【0004】

で摩擦により攪拌させて被接合部材同士を接合する。【発明が解決しようとする課題】ところで、上記摩擦攪拌接合では、回転工具、受け台及び被接合部材のうちのどれかがセットミス等により正しい姿勢を維持しないまま、摩擦攪拌接合されてしまう場合がある。例えば、受け台上に水平に配置された被接合部材に対して斜めに傾いた回転工具が押し付けられると、被接合部材に対する回転工具の押圧方向が傾き、被接合部材に対して回転工具の押圧力が傾いて作用する。そうすると、被接合部材の接合界面が不均一に押圧されて不均一な軟化状態となり、接合不良が発生する。

【0005】しかしながら、かかる接合不良が発生した場合であっても、接合部材の外観的には良好な接合状態の場合と比べて顕著な差異が認められない。

【0006】このため、従来の摩擦攪拌接合では、接合界面の全体が均一に軟化して均一に接合されているか否かを、接合部材の外観から判断することができないという問題があった。

【0007】本発明は上記実情に鑑みてなされたものであり、摩擦攪拌接合において、接合界面の全体が均一に軟化して均一に接合されているか否かを容易に判断することのできる摩擦攪拌接合方法及びその装置並びに接合部材を提供することを解決すべき技術課題とするものである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の摩擦攪拌接合方法は、先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具と、該回転工具の押圧力が作用する受圧面に受圧力を検知するための検知手段が該回転中心周りの周方向に略均等に配設された受け台とを用い、複数の被接合部材を重ね合わせて上

記受け台上に配設する配設工程と、上記受け台上に配設された上記被接合部材に上記回転工具を回転させながら押し付けて上記突部を該被接合部材の内部に入り込ませ、該被接合部材の材料を非溶融の状態で摩擦により攪拌させて該被接合部材同士を接合する接合工程とを順に実施することを特徴とするものである。

【0009】好適な態様において、前記検知手段は、前記受圧面に凹設又は凸設された凹部又は凸部であり、前記接合工程では、該受圧面に当接する前記被接合部材の表面に、該凹部又は該凸部により成形凸部又は成形凹部を成形する。

【0010】好適な態様において、前記検知手段は、前記受圧力を検知可能な圧力センサである。

【0011】上記課題を解決する本発明の摩擦攪拌接合装置は、複数の被接合部材が重ね合わせて配設される受け台と、先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転されながら、該受け台上に配設された該被接合部材に押し付けられる回転工具とを備えた摩擦攪拌接合装置において、上記受け台には、上記回転工具の押圧力が作用する受圧面に受圧力を検知するための検知手段が上記回転中心周りの周方向に略均等に配設されていることを特徴とするものである。

【0012】好適な態様において、前記検知手段は、前記受圧面に凹設又は凸設された凹部又は凸部である。

【0013】好適な態様において、前記検知手段は、前記受圧力を検知可能な圧力センサである。

【0014】摩擦攪拌接合では、回転工具からの押圧力が被接合部材を介して受け台の受圧面に作用する。このとき、受け台の受圧面の全体で均一に上記押圧力が作用していれば、被接合部材同士の接合界面の全体でも均一に上記押圧力が作用して均一な軟化状態となっており、均一に接合される。一方、受け台の受圧面に上記押圧力が均一に作用していないと、接合界面でも不均一な軟化状態となって接合不良となる。

【0015】本発明に係る攪拌接合方法及びその装置では、回転工具の押圧力が作用する受け台の受圧面に、受圧力を検知するための検知手段が、回転工具の回転中心周りの周方向に略均等に配設されている。このため、この検知手段を利用して検知された受圧力について、上記回転中心周りの周方向で比較することにより、接合の良否を判断することができる。

【0016】すなわち、上記検知手段を利用して検知された受圧力が上記回転中心周りの周方向で均一であれば、上記接合界面でも回転工具からの押圧力が均一に作用して、接合界面全体が均一かつ適正な軟化状態となって良好な接合状態となっていると判断できる。

【0017】一方、上記検知手段を利用して検知された受圧力が上記回転中心周りの周方向で不均一であれば、上記接合界面でも回転工具からの押圧力が不均一に作用して接合不良が発生していると判断できる。例えば、上

記回転中心に対して一方側の受圧力が他方側よりも大きい場合は、該他方側における接合強度が一方側と比べて不足しており、接合不良が発生していると判断できる。

【0018】ここに、上記検知手段が上記受圧面に凹設又は凸設された凹部又は凸部である場合は、上記接合工程で、受け台の受圧面に当接する被接合部材の表面に、該凹部又は該凸部により成形凸部又は成形凹部が形成される。このため、この成形凸部又は成形凹部の成形度合いを上記回転中心周りの周方向で比較すれば、接合の良否を外観的に容易に判断することができる。

【0019】すなわち、成形凸部又は成形凹部が上記回転中心周りの周方向で均一に形成されていれば、接合界面でも良好な接合状態となっていると判断できる。一方、成形凸部又は成形凹部が上記回転中心周りの周方向で不均一に形成されている場合、例えば上記回転中心に対して一方側でのみ成形凸部又は成形凹部が形成されており他方側では形成されていない場合は、該他方側における接合強度が一方側と比べて不足しており、接合不良が発生していると判断できる。

【0020】また、上記検知手段が上記受圧力を検知可能な圧力センサである場合は、この圧力センサで検知された受圧力を上記回転中心周りの周方向で比較することにより、接合の良否を判断することができる。

【0021】すなわち、圧力センサで検知された受圧力が上記回転中心周りの周方向で均一であれば、接合界面でも良好な接合状態となっていると判断できる。一方、圧力センサで検知された受圧力が上記回転中心周りの周方向で不均一の場合、例えば上記回転中心に対して一方側の受圧力が他方側と比べて大きい場合は、該他方側における接合強度が一方側と比べて不足しており、接合不良が発生していると判断できる。

【0022】上記課題を解決する本発明の接合部材は、先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具と、該回転工具の押圧力が作用する受圧面に凹部又は凸部が該回転中心周りの周方向に略均等に凹設又は凸設された受け台とを用い、該受け台上に重ね合わせて配設された複数の被接合部材の接合点に該回転工具を回転させながら押し付けて該突部を該被接合部材の内部に入り込ませ、該被接合部材の材料を非溶融の状態で摩擦により攪拌させて該被接合部材同士を接合する摩擦攪拌接合により得られた接合部材であって、上記凹部又は上記凸部により成形された成形凸部又は成形凹部が、上記接合点周りの周方向に略均等に設けられていることを特徴とするものである。

【0023】この接合部材では、受け台の受圧面に設けられていた凹部又は凸部により、受け台に配設された際に受け台の受圧面に当接していた被接合部材の表面に、成形凸部又は成形凹部が周方向に略均等に形成されている。この成形凸部又は成形凹部が周方向に略均等に形成された接合部材は、摩擦攪拌接合の際に回転工具の押圧

力が均一に接合界面に作用しており、したがって均一な接合状態となっている。よって、本発明に係る接合部材は、接合強度の信頼性が高いものとなる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】本発明に係る摩擦攪拌接合方法及びその装置では、先端に突部を有し、該突部の軸芯を回転中心として回転可能な回転工具と、該回転工具の押圧力が作用する受圧面に受圧力を検知するための検知手段が該回転中心周りの周方向に略均等に配設された受け台とを用いる。そして、配設工程及び接合工程を実施することにより、少なくとも2枚の被接合部材同士を重ね合わせた状態で摩擦攪拌接合する。

【0025】上記配設工程では、複数の被接合部材を重ね合わせて上記受け台上に配設する。なお、被接合部材の枚数は2枚でも、場合によっては3枚以上でもよい。

【0026】上記接合工程では、上記受け台上に配設された上記被接合部材に上記回転工具を回転させながら押し付けて上記突部を該被接合部材の内部に入り込ませ、該被接合部材の材料を非溶融の状態で摩擦により攪拌させて該被接合部材同士を接合する。

【0027】この接合工程では、所定の回転速度で回転する回転工具を所定の押圧力で被接合部材に押し付ける。これにより、回転工具としては後述するように被接合部材よりも硬度の高いものを採用することから、回転工具の突部が被接合部材の内部に入り込む。このとき、回転工具と接触する被接合部材と回転工具との間に摩擦が生じているため、この摩擦熱により被接合部材の材料が軟化し、この軟化の進行を伴って回転工具の突部が被接合部材の内部に入り込む。また、軟化した被接合部材の材料は非溶融の状態で回転工具の回転方向及び突部の長さ(軸芯)方向等に攪拌される。そして、回転工具の突部との接触により発生する摩擦熱により、最も受け台側の被接合部材の材料がその接合界面で軟化して回転方向等に攪拌されるまで、該突部を進入させる。こうして被接合部材同士の接合界面で、両被接合部材の材料を非溶融の状態で軟化させて攪拌させることにより、両被接合部材同士を接合することができる。

【0028】これら回転工具及び受け台を構成する材料としては、被接合部材よりも硬度の高い材料であれば特に限定されないが、耐摩耗性の高い材料とすることが好ましく、例えば耐摩耗性の高い鋼材(超硬合金等)を採用することができる。また、被接合部材の材料も回転工具及び受け台よりも硬度の低い材料であれば特に限定されず、アルミニウムやアルミニウム合金の他、銅、マグネシウム、鉄又はこれらの合金等とすることができる。

【0029】また、回転工具及び該回転工具の突部並びに受け台の形状としては円柱状等とすることができる。なお、回転工具及び突部並びに受け台の大きさも特に限定されないが、例えば、回転工具の外径は5〜30mm程度、回転工具の突部の外径は2〜10mm程度とする

ことができ、受け台の外径は回転工具の外径以上とされる。

【0030】また、回転工具の突部の突出長さ(軸方向長さ)は、受け台上に重ね合わせて配設された複数の被接合部材のうち最も回転工具側の被接合部材の表面から最も受け台側の接合界面までの深さD(2枚の被接合部材を重ね合わせて接合する場合は、この深さDの値は回転工具側の被接合部材の厚さTとなる。)に対して、1.0倍以上とすることが好ましい。

10 【0031】このような回転工具は、例えば、複数点にするそれぞれの接合点までX軸及びY軸方向に移動可能となるように、多関節ロボットのアーム等に回転可能に取り付けることができる。そして、この多関節ロボットのアーム等には、回転工具を回転駆動させる駆動手段としてのモータ等、回転工具に対向するように配設された受け台及び回転工具と受け台との間隔を調整して被接合部材に対する回転工具の押圧力を調整するための押圧力調整手段としてのアクチュエータ等を取り付けることができる。

20 【0032】また、回転工具の回転速度や被接合部材に対する押圧力は、被接合部材の材料の硬度や要求される接合強度等に応じて、良好に摩擦攪拌接合できる範囲内で適宜設定可能である。例えば、回転工具の回転速度は500〜4000rpm程度とすることができ、被接合部材に対する回転工具の押圧力は50〜600kgf程度とすることができ。なお、回転工具の回転速度が遅すぎると、被接合部材の材料の軟化や攪拌が不十分となるため接合強度不足となり、回転速度が速すぎても、攪拌されるべき軟化金属が回転工具の回転に追従できないため十分に攪拌されず、接合強度不足となる。また、回転工具の押圧力が大きすぎると、回転工具が過大に挿入されるため、回転工具側の被接合部材の板厚が薄くなって接合強度不足となり、小さすぎても摩擦発熱が小さくなるため、被接合部材の軟化が不十分になり、接合強度不足となる。

30 【0033】ここに、本発明に係る摩擦攪拌接合及びその装置は、回転工具の押圧力が作用する受け台の受圧面に受圧力を検知するための検知手段が回転中心周りの周方向に略均等に配設されていることを最大の特徴とし、これにより、前述した作用効果を奏する。

40 【0034】上記検知手段としては、好適には、受け台の受圧面に凹設又は凸設された凹部又は凸部としたり、受圧力を検知可能な圧力センサとしたりとすることができ。

50 【0035】受け台の受圧面に凹部又は凸部を凹設又は凸設した場合、上記接合工程で、該凹部又は該凸部により、該受圧面に当接する被接合部材の表面上で上記回転中心(すなわち、回転工具の突部が押し付けられる接合点)周りに成形凸部又は成形凹部が成形される。そして、上記接合工程で、回転工具の押圧力が均一に接合界

面に作用して均一な接合状態となっていれば、成形凸部又は成形凹部が接合点周りの周方向に略均等に成形されることから、この成形凸部又は成形凹部が接合点周りの周方向に略均等に成形されている本発明に係る接合部材は、接合強度の信頼性が高いものとなる。

【0036】上記凹部又は凸部としては、好適には、上記回転中心周りの周方向に延びる凹条部又は凸条部とすることができる。この凹条部又は凸条部は、上記回転中心周りの周方向全体に連続的に延びる円周状の凹条部又は凸条部であっても、上記回転中心周りの周方向に断続的に延びる複数の円弧状の凹条部又は凸条部であってもよい。ただし、複数の円弧状の凹条部又は凸条部とする場合は、各円弧状凹条部又は凸条部が上記回転中心周りの周方向に略均等に配設されていることを要する。また、上記凹部又は凸部は、上記回転中心周りの周方向に略均等に分散、配設された複数の点状の凹部又は凸部としてもよい。

【0037】上記圧力センサとしては特に限定されないが、ロードセル等を採用することができる。この圧力センサは、例えば、受け台に埋設したり、あるいは受け台の受圧面上に貼り付けたりすることにより、圧力センサの圧力感知部が受圧面に表出して受け台上に配設された被接合部材に直接、接触する構成とすることができる。

【0038】

【実施例】以下、本発明を具体化した実施例について、図面を参照しつつ説明する。

【0039】（実施例1）本実施例は、図1に示されるように、回転工具20と、受け台30とを備えた摩擦攪拌接合装置を用いて、2枚の被接合部材1、2を重ね合わせた状態で摩擦攪拌接合するものである。また、検知手段としての凹部を受け台30の受圧面31に設けたものである。

【0040】上記被接合部材1、2は、アルミニウム合金製の板材（板厚1mm）である。

【0041】上記回転工具20は、被接合部材1、2を構成するアルミニウム合金よりも硬度が高く、また、耐摩耗性も高い超硬合金よりなり、外径10mmの円柱形状をなしている。そして、この回転工具20の先端には、外径4mm、軸方向長さ1.3mmの円柱形状をなす突部21が同心状に突設されている。

【0042】なお、回転工具20は、回転工具20及び突部21の軸芯C1（図3参照）を回転中心として回転可能となされている。また、突部21の突出長さ（軸方向長さ）は、前記深さD（被接合部材1の板厚）の約1.3倍とされている。このため、後述する接合工程では、回転工具20の突部21は、回転工具20側の被接合部材2を貫通するとともに被接合部材1、2間の接合界面を通り抜け、突部21の先端が受け台30側の被接合部材1にまで0.3～0.4mm程度入り込むようになっている。

【0043】上記受け台30は、被接合部材1、2を構成するアルミニウム合金よりも硬度が高く、また、耐摩耗性も高い超硬合金よりなり、外径20mmの円柱形状をなしている。そして、図2にも図示されるように、この受け台30の上端面たる受圧面31には、円形窪み部32と、この円形窪み部32を中心とする円周上に配設された検知手段としての凹部たる円周状凹条部33とが、受け台30と同心状に凹設されている。円形窪み部32は、受け台30の軸芯C2を中心とする直径3mmの円形状をなし、周囲から中心に向かって徐々に深さが深くなるように窪んでおり、中心における最大深さが0.5mmとされている。なお、この円形窪み部32は、回転工具20及び突部21の軸芯C1と、受け台30の軸芯C2とが同軸であることを確認するために設けられている。また、円周状凹条部33は、受け台30の軸芯C2を中心とする円周上に配設されており、周方向に一定幅（幅1mm）及び一定深さ（深さ0.5mm）をもつ溝よりなる。

【0044】上記回転工具20は、X軸及びY軸方向に移動可能となるように、図示しない多関節ロボットのアームに回転可能に取り付けられている。そして、この多関節ロボットのアームには、回転工具20を回転駆動させる駆動手段としてのモータと、回転工具20と同心状に対向して配設された受け台30と、回転工具20及び受け台30間の間隔を調整して被接合部材1、2に対する回転工具20の押圧力を調整するための押圧力調整手段としてのアクチュエータが取り付けられている。

【0045】なお、回転工具20と受け台30とは同心状に配設された状態で摩擦攪拌接合されることから、回転工具20及び突部21の軸芯C1、すなわち回転中心C1は受け台30の軸芯C2と一致する。このため、上記円周状凹条部33は、回転工具20及び突部21の回転中心C1周りの周方向全体に連続的に延びていることとなる。

【0046】上記構成を有する回転工具20及び受け台30を用いて、以下に示す配設工程、接合工程及び評価工程を実施することにより、2枚の被接合部材1、2同士を重ね合わせた状態で摩擦攪拌接合した。

【0047】＜配設工程＞図3に示されるように、図示しない多関節ロボットのアームを作動させ、図示しない把持手段により重ね合わせた状態で水平に保持された2枚の被接合部材1、2を受け台30上に配設した。このとき、被接合部材1、2を接合すべき接合点Aは、回転工具20の回転中心C1及び受け台30の軸芯C2上に位置している。

【0048】＜接合工程＞図4に示されるように、図示しない多関節ロボットのモータ及びアクチュエータを作動させ、回転工具20を所定の回転速度（本実施例では2000rpm程度）で回転させながら、回転工具20の突部21を被接合部材2の接合点Aに所定の押圧力

(本実施例では200kgf程度)で押し付けて該突部21の全体を被接合部材1、2の内部に入り込ませた。このとき、回転工具20の突部21は被接合部材2を貫通し、この突部21の先端は被接合部材1及び2間の接合界面を通り越して被接合部材1の内部まで入り込んだ。この状態を2秒程度維持し、被接合部材1及び2の接合界面で、両被接合部材1及び2の材料を非溶融の状態で軟化させて攪拌させることにより、両被接合部材1及び2同士を接合して、接合部材10を得た。

【0049】なお、本実施例では、受け台30の受圧面31上に水平に配設された被接合部材1、2に対して、正確に垂直方向から回転工具20を押し付けた。

【0050】また、本実施例では、受け台30の受圧面31に円形窪み部32及び円周状凹条部33が凹設されている。このため、この接合工程では、図5に示されるように、該円形窪み部32及び円周状凹条部33により、受圧面31に当接する被接合部材1の表面で上記回転中心C1(すなわち、回転工具20の凸部21が押し付けられる接合点A)を中心とする円形の円形膨出部11と、該回転中心C1を中心とする円周状の成形凸部12とが成形された。

【0051】<評価工程>得られた接合部材10について、上記検知手段としての円周状凹条部33により成形された上記円周状成形凸部12により、回転工具20からの押圧力を受けた受け台30の受圧面31における受圧力を上記回転中心C1周りの周方向で比較した。

【0052】すなわち、上記円周状成形凸部12について、上記回転中心C1(接合点A)周りの周方向で、その成形度合いを比較した。その結果、本実施例で得られた接合部材10の円周状成形凸部12は、接合点Aを中心とする円周上に配設されており、周方向に一定幅(幅1mm)及び一定高さ(高さ0.5mm)をもっており、接合点A周りの周方向で均等に成形されていた。

【0053】これにより、上記接合工程では、受け台30の受圧面31には回転工具20からの押圧力が上記回転中心C1周りの周方向に均一に作用しており、該受圧面31が受ける受圧力は該回転中心C1周りの周方向で均一であったことが確認された。したがって、被接合部材1及び2間の接合界面の全体でも、上記回転工具20からの押圧力が均一に作用して均一な軟化状態となり、均一に接合されたと判断することができる。

【0054】よって、円周状成形凸部12が周方向に均等に成形された本実施例に係る接合部材10は、接合強度の信頼性が高いものとなる。

【0055】一方、図6に示されるように、受け台30の受圧面31に水平に配設された被接合部材1、2に対して、斜めに傾いた回転工具20を押し付けた。すなわち、受け台30の軸芯C2に対して、回転後部20(突部21)の軸芯(回転中心)C1を所定角度 $\theta$ だけ傾けた状態で、回転工具20を押し付けた。

【0056】こうして得られた接合部材10'を図7に示すように、成形凸部12'が円周の約半分に相当する円弧状で接合点Aの一方側のみに成形されていた。

【0057】これにより、接合工程では、受け台30の受圧面31には回転工具20からの押圧力が上記回転中心C1周りの周方向に不均一に作用しており、該受圧面31が受ける受圧力は該回転中心C1周りの周方向で不均一であったことが確認された。したがって、この接合部材10'は、被接合部材1及び2間の接合界面の全体でも、上記回転工具20からの押圧力が不均一に作用して不均一な軟化状態となり、不均一に接合されたと判断することができる。

【0058】このように本実施例によれば、接合工程後に接合部材10の表面に形成された成形凸部12の成形度合いを上記回転中心C1周りの周方向で比較することにより、接合の良否を外観的に容易に判断することが可能となる。

【0059】(実施例2)本実施例は、検知手段としての圧力センサ34を受け台30の受圧面31に設けたもので、受け台30の受圧面31に円形窪み部32及び円周状凹条部33を設ける代わりに4個の圧力センサ34を設けること以外は、上記実施例1と同様である。

【0060】すなわち、本実施例では、回転工具20の押圧力が作用する受け台30の受圧面31に、受圧力を検知可能な4個の圧力センサ34が設けられている。各圧力センサ34は、受け台30の軸芯C2周りに、すなわち回転工具20の回転中心C1周りの周方向に90度間隔で均等に配設されている。なお、各圧力センサ34は受け台30に埋設されており、その圧力感知部が受圧面31に表出して受け台30上に配設された被接合部材1に直接、接触する構成とされている。

【0061】本実施例では、接合工程中に、各圧力センサ34により受圧面31が受ける受圧力を検知し、これを回転中心C1周りの周方向で比較することにより、接合の良否を容易に判断することができる。

【0062】すなわち、各圧力センサ34で検知された受圧力が上記回転中心C1周りの周方向で均一(各圧力センサ34で検知された受圧力がそれぞれ略同等)であれば、接合界面でも良好な接合状態となっていると判断できる。一方、各圧力センサ34で検知された受圧力が上記回転中心周りの周方向で不均一の場合(例えば、4個の圧力センサ34で検知された受圧力のうちの1個だけが他の3個よりも低い場合)、接合不良が発生していると判断できる。

【0063】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、摩擦攪拌接合において、接合界面の全体が均一に軟化して均一に接合されているか否かを容易に判断することができる。

【0064】したがって、接合強度の信頼性の高い接合



11

部材の提供が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1に係り、摩擦攪拌接合する様子を説明する斜視図である。

【図2】 実施例1に係る受け台を示し、(a)は受け台の平面図、(b)は受け台の部分断面図である。

【図3】 実施例1に係り、受け台の上に被接合部材を配設する配設工程後の状態を示す部分断面図である。

【図4】 実施例1に係り、回転工具を回転させながら被接合部材に対して垂直に押し付けて摩擦攪拌接合する接合工程後の状態を示す部分断面図である。

【図5】 実施例1に係り、回転工具を被接合部材に対して垂直に押し付けて摩擦攪拌接合して得られた、接合良好な接合部材を示し、(a)は接合部材の部分断面図、(b)は接合部材の底面図である。

【図6】 実施例1に係り、回転工具を回転させながら

12

被接合部材に対して斜めに押し付けて摩擦攪拌接合する接合工程後の状態を示す部分断面図である。

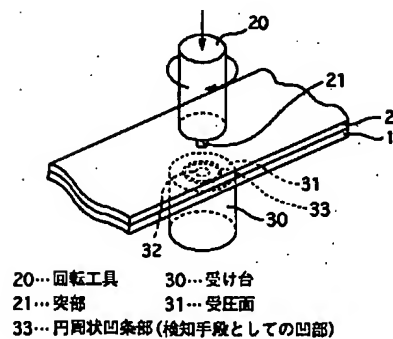
【図7】 実施例1に係り、回転工具を被接合部材に対して斜めに押し付けて摩擦攪拌接合して得られた、接合不良の接合部材を示し、(a)は接合部材の部分断面図、(b)は接合部材の底面図である。

【図8】 実施例2に係り、回転工具を回転させながら被接合部材に対して押し付けて摩擦攪拌接合する接合工程後の状態を示す部分断面図である。

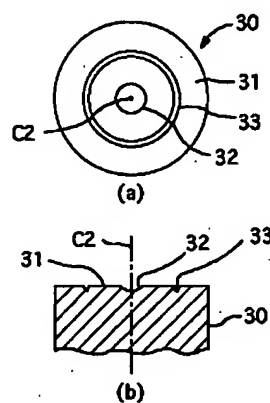
【符号の説明】

- |                       |         |
|-----------------------|---------|
| 1、2…被接合部材             | 10…接合部材 |
| 12…円周状成形凸部            | 20…回転工具 |
| 21…突部                 | 30…受け台  |
| 31…受圧面                |         |
| 32…円周状凹条部（検知手段としての凹部） |         |
| 34…圧力センサ（検知手段）        |         |

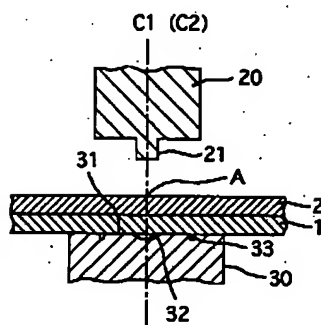
【図1】



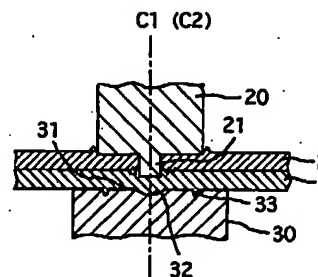
【図2】



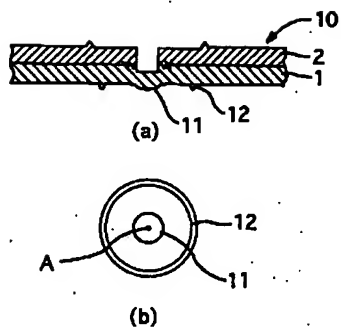
【図3】



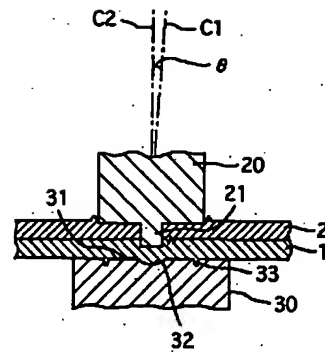
【図4】



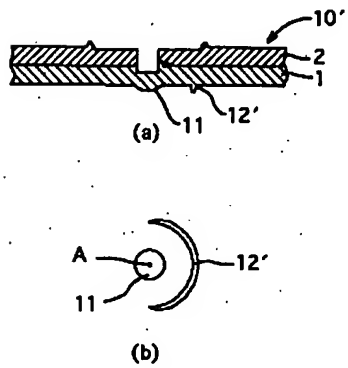
【図5】



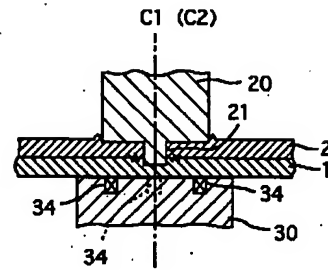
【図6】



【図7】



【図8】



34...圧力センサ (検知手段)